Neue Versuche aus dem Gebiet der Regeneration und ihre Beziehungen zu Anpassungserscheinungen.

Von

Otto Hübner in Breslau.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Freiburg i. Br.)

Hierzu Tafel 28 und 29.

Es sind gerade in neuester Zeit so zahlreiche Versuche über Regeneration bei Thieren angestellt worden und bei so vielen und verschiedenartigen Thiergruppen, dass man fast glauben könnte, es lägen nun Beobachtungen in hinreichender Menge vor, um auch in theoretischer Beziehung sichere Schlüsse ziehen zu können. Allein dem ist dennoch wohl nicht so; vielmehr stehen sich noch immer zwei Ansichten gegenüber, von welchen die eine das Regenerationsvermögen als eine gewissermaassen primäre, ursprüngliche Kraft der Organismen ansieht, deren Aeusserungen nur in dem Maasse abnehmen, wie der Bau der Thiere verwickelter wird, die andere aber die Regeneration im Wesentlichen als eine Anpassungserscheinung betrachtet, welche zwar in dem Stammbaum der Thiere sich forterbt, von unten nach oben hin allmählich sich abschwächend, aber doch mit vielen Schwankungen und im Allgemeinen Schritt haltend mit der Zweckmässigkeit oder Nothwendigkeit dieses Vermögens für die Erhaltung der betreffenden Art, und welche auch innerhalb ein und derselben Art ungleich gross ist je nach der Verletzbarkeit und Bedeutung der einzelnen Theile und Organe.

Die letztere Vorstellung wird bekanntlich von Herrn Geheimrath Weismann vertreten, der mir auch die Anregung zu dieser Arbeit gab. Wenn meine Versuche auch nicht so zahlreich sind, wie ich wünschte, und gewiss nicht beanspruchen können, eine so tiefgreifende Frage zu entscheiden, so hoffe ich doch, dass sie als ein brauchbarer Beitrag zur Beurtheilung der Regenerationsfrage betrachtet werden dürfen.

Bei diesen Arbeiten unterstützte mich auch Herr Geheimrath WEISMANN mit seinen werthvollen Rathschlägen, und ich gestatte mir daher, ihm an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Auch dem Herrn Dr. AL. PETRUNKEWITSCH, der mir bei meinen Versuchen hülfreich zur Seite stand, bin ich zu grossem Dank verpflichtet. Ferner danke ich auch dem Herrn Prof. Dr. VAL. HÄCKER und dem Herrn Dr. K. GÜNTHER für manchen Hinweis.

Ich begann meine Versuche mit *Volvox*-Arten, bei welchen bekanntlich die Differenzirung der Zellencolonie noch eine sehr einfache ist. Wir haben hier nur zweierlei Zellen: zahlreiche kleine Geisselzellen und wenige, aber viel grössere Fortpflanzungszellen. Nur aus letztern gehen bei der normalen Fortpflanzung neue Colonien hervor. *Volvox*-Kugeln, welche ihre Tochtercolonien nach aussen entleert haben, sterben, so viel man bisher wusste, ab. Wäre dies wirklich immer der Fall, so würde damit der Schluss, welchen WEISMANN aus der Differenzirung und dem Verhalten der *Volvox*-Colonien gezogen hat, eine bedeutsame Stütze erhalten, dass nämlich die somatischen Zellen (Geisselzellen) nicht mehr volles Keimplasma enthalten, vielmehr nur die Fortpflanzungszellen, dass somit eine Abspaltung somatischen Idioplasmas stattgefunden hat.

Aus diesem Grunde suchte ich festzustellen, ob nach künstlichen Defecten der Muttercolonie keine Regeneration eintritt. Es wurden nach dieser Richtung hin von mir eine ganze Anzahl Versuche an *Volvox globator* im Sommer 1900 unternommen. Ich habe im Ganzen 235 *Volvox*-Kugeln, die sich in parthenogenetischer Fortpflanzung befanden, in verschiedener Weise operirt. Von diesen that ich immer 10—40 Colonien in ein kleines Glasgefäss, das ich mit filtrirtem Tümpelwasser füllte und mittels einiger Spirogyrafäden frisch hielt. Unter gleichen Verhältnissen hielt ich jedes Mal gleichzeitig in einem zweiten Gefäss eine Anzahl unverletzter *Volvox*-Kugeln mit Tochtercolonien desselben Stadiums, in dem sich die Tochtercolonien der operirten Volvocineen befanden. Hierzu will ich nun gleich bemerken, dass die Controlversuche mit unverletzten *Volvox*-Kugeln stets positiv ausfielen, d. h. dass diese Colonien nicht nur an dem Tage noch lebten, an dem der endgültige Befund an den entsprechenden operirten aufgenommen wurde, sondern dass auch, mit Ausnahme des 1. Versuchs, die Tochtercolonien bis dahin nicht ausgeschlüpft waren, da bei den übrigen Versuchen nur junge *Volvox*-Kugeln zur Operation verwandt wurden, in denen die Tochtercolonien sich noch in einem frühen

Stadium der Entwicklung befanden. Die betreffenden zu operirenden Colonien wurden mit einer Pipette und wenigen Tropfen Wasser auf einen Objectträger unter eine Präparirlupe gebracht. Es wurden dann mittels eines feinen, scharfen Staarmessers oder einer Nadel, die mit einer kleinen Schneide an der Spitze versehen war, theils Halbirungen, theils Einschnitte und theils Excision eines geringen Stücks der Muttercolonie vorgenommen. In allen Fällen wurden die Tochtercolonien durch vorsichtiges Drücken entfernt.

Versuch I. Am 6./7. Halbirung von 40 *Volvox*-Kugeln. Die Schnittstücke waren nach der Operation unbeweglich und zeigten an demselben Tage schon merkliche Abblassung und Degenerationserscheinungen der einzelnen Zellen.

Am 7./7. sämmtliche Schnittstücke zu Grunde gegangen.

Die im Controlgefäss befindlichen Volvociden hatten die Tochtercolonien vom 6.—8./7. ausschlüpfen lassen, woraus sich ergab, dass bei den übrigen Experimenten bedeutend jüngere *Volvox*-Kugeln verwendet werden mussten.

Versuch II. Am 9./7. wurden 25 Volvocineen derart in zwei Stücke geschnitten, dass der eine Theil $^2/_3$ und der andere $^1/_3$ der Muttercolonie ausmacht. Tochtercolonien wurden natürlich entfernt.

Nach 6 Stunden noch Rotation der grössern Theilstücke.

Am 10./7. Schnittstücke unbeweglich und theilweise abgeblasst. Abends bei den meisten fast schon vollständiger Zerfall.

Versuch III. Am 11./7. 25 Volvocineen in derselben Weise operirt mit gleichem Resultat.

Die bei diesen Versuchen entfernten Tochtercolonien wurden in einem Gefäss isolirt gehalten, wo sie sich weiter entwickelten.

Später nahm ich nun noch jüngere *Volvox*-Kugeln zum Operiren, in denen die Parthenogonidien sich ungefähr bis zu einem 32-Zellenstadium entwickelt haben mochten. Die Entfernung der Tochtercolonien erfordert in dem Fall mehr Sorgfalt und Geduld, wenn man die Muttercolonie nicht zerfetzen wollte. Anfangs wurden kleine Stücke aus der Peripherie geschnitten, später jedoch wurde nur die Oeffnung, aus der die Tochtercolonien vorsichtig herausgedrückt waren, in Form eines kleinen, bogenförmigen Schnitts vergrössert.

Versuch IV. 18./7. Aus 10 *Volvox*-Colonien wurde ein kleines Stück der Peripherie geschnitten.

19./7. 4 operirte Colonien zeigen noch Rotationsbewegungen; nach weitern 6 Stunden waren sie unbeweglich.

20./7. Deutliche Zerfallserscheinungen.

Versuch V. 20./7. 25 *Volvox*-Kugeln in gleicher Weise operirt.

21./7. Nur 7 zeigen noch eigne Bewegung.

22./7. Sämmtliche Colonien zu Grunde gegangen.

Versuch VI. 23./7. Bei 25 Volvocineen nach Exstirpation der Tochtercolonien kleiner, bogenförmiger Schnitt.

24./7. 15 Colonien zeigen noch mehr oder weniger lebhafte Rotationen.

25./7. Keine operirte Colonie mehr am Leben.

Versuch VII. 24./7. 10 *Volvox*-Kugeln in gleicher Weise operirt.

25./7. 8 operirte Colonien rotiren noch.

26./7. Sämmtliche Colonien sind zerfallen.

Versuch VIII. 25./7. 25 *Volvox*-Colonien ebenso operirt.

26./7. Nur 8 zeigen noch rotirende Bewegungen. Einige von diesen wurden conservirt, gefärbt und mikroskopisch untersucht. Die übrigen bieten am Abend schon Zerfallserscheinungen. Ebenfalls mikroskopische Untersuchung dieser Stücke.

Versuch IX. 29./7. 25 Volvocineen in gleicher Weise operirt mit demselben Resultat.

Versuch X. 30./7. 25 Colonien in derselben Weise operirt mit gleichem negativen Erfolg.

Die mikroskopische Untersuchung der operirten Colonien ergab, dass die Zellen nach 2 Tagen vollständig zerfallen waren. Der Zusammenhang in der Peripherie war sehr locker, und die einzelnen Zellen zeigten unregelmässige Formen. Operirte Colonien nach 24 Stunden boten auch Zerfallserscheinungen in so fern dar, als eine deutliche Abblassung sich bemerkbar machte, während nur die Parthenogonidien noch am längsten eine intensivere grüne Färbung beibehielten. Die Zellkerne waren kaum vom übrigen Zellinhalt zu unterscheiden.

Bei den Versuchen IV—X hatte ich von den entfernten Tochtercolonien, die sich noch auf einem sehr jungen Stadium der Entwicklung befanden, jedesmal eine Anzahl in einem Gefäss unter gleichen Bedingungen isolirt gehalten, wonach sich ergab, dass diese verhältnissmässig sehr jungen *Volvox*-Kugeln sich meistens noch weiter entwickelt hatten und zu grössern Colonien auswuchsen.

Aus den bisherigen Versuchen entnehmen wir also, dass die künstlichen Eingriffe beim *Volvox globator*, der sich in parthenogene-

tischer Fortpflanzung befindet, in jedem Falle ein Absterben aller Zellen der Muttercolonie zur Folge hatten. Lebenserscheinungen, d. h. rotirende Bewegungen, wurden noch bis 24 Stunden nach der Operation beobachtet, wobei jedoch eine Weiterentwicklung der Parthenogonidien nicht zu Stande kam. Diese und die übrigen Zellen gehen im weitern Verlauf in Zerfall über. Dagegen bleiben die exstirpirten noch sehr jungen Tochtercolonien am Leben und entwickeln sich zu grössern *Volvox*-Kugeln.

Wir können nun aus diesen Resultaten schliessen, dass mit der Differenzirung des Keimplasmas die Hauptthätigkeit der Zellen beendet ist. Ja, ich möchte sogar hiernach annehmen, dass eine Ernährung der Parthenogonidien von Seiten der somatischen Zellen höchstens während der ersten Zelltheilung stattfindet. Es wäre dies auch deshalb nicht unwahrscheinlich, weil die Parthenogonidien vermöge ihres reichen Chlorophyllgehalts selbständig assimiliren können, denn ich vermag den Grund nicht einzusehen, weshalb die im Wachsthum zurückgebliebenen, gleichzeitig entstandenen Parthenogonidien sich nach der Entfernung der Tochtercolonien nicht weiter entwickeln sollten. Die Operation der Muttercolonie kann dabei kaum eine grosse Rolle spielen, da ja die Bedingungen dieselben bleiben, unter denen die Zellen vorher thätig waren, wenn nach der Ansicht vieler Autoren der Inhalt der Hohlkugel Wasser sein soll.

Der Grund für den Untergang der Muttercolonie liegt vielmehr meiner Meinung nach in einer Anpassungserscheinung, da die Lebensdauer der somatischen Zellen nur auf kurze Zeit beschränkt ist und diese nach der Entwicklung der Tochtercolonien nur noch die Schutzhülle für die jungen Kugeln liefert. Das selbstthätige Ausschlüpfen der Tochtercolonien bildet gewissermaassen nur die Veranlassung zum vollständigen Zerfall, und meine Operationen an *Volvox globator* stellen so zu sagen die Beschleunigung des natürlichen Vorgangs dar. Wir haben es hier also mit einer Anpassung der Lebensdauer der somatischen Zellen an die Fortpflanzung zu thun, denn hier hatte der Körper nach der Abscheidung des Keimplasmas eigentlich nur in so fern Werth, als er noch kurze Zeit den Schutz für die jungen *Volvox*-Kugeln stellen musste. Für die Ernährung kommt er nicht weiter in Betracht; das beweist uns die weitere Entwicklung der vorzeitig entfernten, ganz jungen Volvociden.

In diesem Falle haben wir eine analoge Erscheinung vor uns, wie sie Weismann von den Orthonectiden nach .der Beschreibung von

Julin [1]) in seinen Aufsätzen über Vererbung erwähnt und besonders p. 153 von dem Männchen jener primitiven Metazoen beschreibt: „Hier atrophiren die grossen Zellen des Ektoderms freiwillig um die Zeit der Geschlechtsreife, sie fallen hier und da ganz ab, und der Samen hat freien Austritt.“ Weismann fährt dann weiter fort: „Man wird in dieser merkwürdigen Einrichtung kaum etwas anderes sehen können als eine Anpassung der Dauer der Körperzellen an die Fortpflanzung; und diese Anpassung war möglich, weil der Körper nach der Entleerung der Geschlechtsproducte keinen Werth mehr für die Erhaltung der Art hatte.“ — In beiden Fällen wäre also die Einrichtung der Regeneration somatischer Zellen überflüssig gewesen; anders verhält es sich dagegen bei vielen der übrigen einzelligen Organismen, z. B. beim *Stentor coeruleus*, dessen grosse Regenerationskraft zuerst durch die Arbeit von Gruber bekannt wurde. Jedoch regenerirten eben nur solche Stücke, die noch einen Bruchtheil des Kerns, also der Vererbungssubstanz, enthielten. Das Thier ist jeden Falls den Angriffen vieler Feinde ausgesetzt, da es ohne eine besondere Schutzhülle ist und sich auch nicht sehr rasch im Wasser fortbewegen kann. Für ihn und seinesgleichen war die Regenerationsfähigkeit geradezu ein Erforderniss, ebenso wie für den Süsswasserpolypen und andere Cölenteraten.

Deutlichere Beziehungen zu äussern Verletzungen liefern uns die Crustaceen, weil wir diese verhältnissmässig häufig mit Verlust irgend eines Körperanhangs antreffen, sei es, dass sie sich diesen bei der für die Thiere so anstrengenden Häutung zugezogen haben, sei es, dass sie ein Feind irgend einer leicht zu fassenden Extremität beraubt hatte. Während die Regenerationskraft der Malakostraken von vielen Autoren eingehend studirt worden ist, wurde uns die der Entomostraken nur durch die Arbeiten von Jurine und von Przibram bekannt. Letzterer hatte eine vorläufige Mittheilung über die Regeneration bei den niedern Crustaceen im Zool. Anz., 1896, veröffentlicht. Die ausführliche Bearbeitung erschien 3 Jahre später und wurde mir erst zugänglich, als ich meine Versuche an den Crustaceen beendet hatte, als deren Ergebniss ich die Regenerationskraft der Cladoceren, die Przibram als Erster beschrieben hatte, im Wesentlichen bestätigen kann.

Als Versuchsobjecte dienten mir in dem Fall: *Daphnia pulex* und *Simocephalus simus*. Es wurden verschiedene Operationen an 66

1) Julin, Contributions à l'histoire des Mésozoaires. Recherches sur l'organisation et le développement embryonnaire des Orthonectides, in: Arch. Biol., V. 3, 1882.

Exemplaren der letztern Art und an 64 Stück der erstern Art gemacht. Von den Daphniden boten 22 deutliche Regenerationserscheinungen, von den Simocephaliden 21 Thiere. Die Operationen wurden mit einer sehr feinen Scheere oder mit dem Staarmesser meistens an jungen Thieren gemacht, die ich zu solchen Versuchen in ein flaches Uhrschälchen mit wenig Wasser brachte. Die Schnitte wurden unter der Präparirlupe vollführt und nachher mit dem Mikroskop zwecks Beschreibung controllirt.

Diese Experimente, die ich im Frühjahr und Herbst 1900 gemacht hatte, beschränkten sich auf die künstliche Entfernung von Theilen der grossen Ruderantenne, auf Entfernung der Schwanzklauen oder auf Verletzungen der Körperanhänge zwischen den Schalen. Die Operationen der Schwanzklaue und der Extremitäten zwischen den Schalen verliefen immer mit letalem Ausgang. Regeneration trat nur ein, wenn Theile der 2. Antenne entfernt wurden. Hierbei schnitt ich entweder bestimmte Borsten ab, Glieder eines Astes oder beide Aeste oder die ganze Ruderantenne. Die operirten Thiere wurden in Glasgefässen von 6 cm Durchmesser und 4 cm Höhe isolirt gehalten. Diese Gefässe waren mit Tümpelwasser gefüllt, das durch Stücke von Elodea canadensis oder einer Characee frisch gehalten wurde. Auch Wasserlinsen dienten gleichfalls zu diesem Zweck. — Nach der Operation häuteten sich die Thiere ziemlich rasch, und zwar nach 1—3 Tagen. Die 2. Häutung erforderte schon längere Zeit, die 3. und 4. Häutung konnte nur bei 2 Thieren (*Simocephalus*) festgestellt werden. Obgleich der Ernährungszustand dieser Thierchen sehr gut zu sein schien und der Darm immer mit Nahrungsbestandtheilen dunkel angefüllt war, so machte die Regeneration in einigen Fällen, wo die ganze Ruderantenne abgeschnitten wurde, nach der 1. Häutung keinen Fortschritt mehr.

Nach Entfernung einer oder mehrerer Borsten trat vollständige Regeneration schon nach 2 Häutungen ein, in einem Fall sogar nach der 1. Häutung, ohne irgend welche Unregelmässigkeiten in der Form der Regenerate erkennen zu lassen. Schnitt man ein oder mehrere Glieder eines Astes ab, so ersetzte das Thier meistens den Verlust des Gliedes nach 2 Häutungen. Entfernte man von beiden Aesten ein oder mehrere Segmente, so schien das Thier durch den Blutverlust ziemlich geschwächt. Erst nach Bildung eines Gerinnungspfropfens nahm es seine frühern Bewegungen wieder auf. Abgesehen von einer Ausnahme, wo ein *Simocephalus* an dem sich regenerirenden 4borstigen Ast seitlich eine abnorm lange, aber sonst wohlgestaltete Borste producirte, kam auch in diesen Fällen die Regeneration in normaler

Weise zu Stande, d. h. es bildeten sich erst Chitinknospen, oder der abgeschnittene Theil erschien en miniature. Vollständige Regenerate zeigten sich erst nach der 2. Häutung.

Bedeutend tief greifender schien der Verlust der ganzen Ruderantenne zu sein. Die Thiere verloren aus dem Stumpf beträchtliche Mengen von Blut, und es dauerte doch einige Minuten, ehe der Gerinnungspfropf die Wunde genügend fest verschloss und das Thier sich so weit erholt hatte, dass es sich mit Anstrengung der unverletzten Antenne auf dem Boden des Glasgefässes, oft um sich selbst Drehungen vollführend, langsam fortbewegen konnte. Natürlich gingen bei diesen schweren Operationen eine Anzahl Thiere ein, uud besonders die 1. Häutung kostete mehreren das Leben. Ich hatte selbst Gelegenheit, dies in zwei Fällen zu beobachten, wo die Thierchen sich vergebens abmühten, sich der alten Hülle zu entledigen. Sie gingen dann leider daran zu Grunde. Aber es gelang mir doch, 8 Stück durchzubringen. Diese zeigten sämmtlich nach der 1. Häutung Regenerationserscheinungen, theils schon Anlagen der beiden Seitenäste in Form von Chitinknospen und einer oder mehreren kleinen Borsten, theils aber auch bloss 2 Borsten an der Stelle, wo die beiden Aeste entstehen sollten. Das Basalglied war in fast allen Fällen schon nach der 1. Häutung regenerirt. Bei 2 Thieren war jedoch nach der 1. Häutung kein Fortschritt in der Regeneration zu constatiren. Vollständigen Ersatz konnte ich nur bei einem *Simocephalus* notiren, der dazu 3 Häutungen gebraucht hatte und vom 22./11. bis 10./12. 1900 lebte. Abgesehen von kleinen Abweichungen habe ich aber auch nach diesen Versuchen bei den operirten Cladoceren keine auffallenden Anomalien auftreten sehen. Die geringen Unregelmässigkeiten, die ich constatiren konnte, bestanden darin, dass am Endglied eines jener Theile, welche anstatt der Aeste regenerirt wurden, Borsten in der Ueberzahl auftraten. Es erschienen nämlich an der beschriebenen Stelle der operirten 2. Antenne bei 3 Thieren 4 bezw. 5 Borsten, dafür trat jedoch an diesen regenerirten Aesten seitlich keine Borste auf.

Interessant ist noch die Thatsache, dass bei einer *Daphnia pulex*, der ich von der linken Ruderantenne den 5borstigen Ast am Grundglied abschnitt, am andern Tage auch der bei der Operation gänzlich unverletzte andere Ast abgeworfen war. Wir können diese Erscheinung vielleicht als eine Art Autotomie auffassen, analog jener Einrichtung, wie sie von Huxley, Frédéricq, Dewitz und Morgan bei Malakostraken beobachtet wurde.

Trotzdem ich in den meisten Fällen junge Thiere zu diesen Ex-

perimenten benutzte, so gelang es mir doch kein einziges Mal, jene eigenthümlichen Präliminargebilde zu erzielen, wie sie PRZIBRAM in seiner Arbeit abbildete. Und vergeblich operirte ich noch eine Serie von Cladoceren, wobei ich nur das bestätigen konnte, was ich bisher beschrieben habe. Ob die bessern Ernährungsverhältnisse, die ich den Thieren bot, daran schuld waren, dass sie immer normal regenerirten, konnte ich nicht entscheiden, da sie leider bald zu Grunde gingen, wenn ich sie in derselben Weise hielt, wie es PRZIBRAM in seiner Arbeit beschrieben hatte.

Im Gegensatz zu der grossen Regenerationsfähigkeit, die man bei den Cladoceren beobachten konnte, blieben die Versuche an Copepoden ohne Erfolg, ebenso wie die Experimente von PRZIBRAM an diesen Thieren. Auch ich hatte am *Diaptomus* operirt und zwar an 2 Arten, *Diaptomus castor* und *gracilis*. Im Ganzen waren es 200 Stück, bei denen ich verschieden lange Theile der 1. Antenne abschnitt und sie auch des hintersten Abdominalsegments beraubte. Wohl kam es zu einem Verschluss der Wunde durch ein Blutgerinnsel, und die Thiere bewegten sich auch ganz leidlich gut nach der Operation, aber nach 2 Tagen fingen sie an, eines nach dem andern einzugehen. Männchen und Weibchen waren ungefähr im gleichen Verhältniss zu den Versuchen verwendet worden, boten aber bezüglich der geringen Widerstandsfähigkeit keinen Unterschied.

Dagegen vertrugen von den Cyclopidenarten *Cyclops viridis* und *C. fuscus* JURINE, die letztere Art hauptsächlich, bestimmte Operationen sehr gut. Die Versuche wurden mittels einer sehr feinen Scheere in derselben Weise gemacht wie bei den Operationen am *Diaptomus* und wie ich sie oben bei den Experimenten an *Daphnia pulex* und *Simocephalus simus* beschrieben habe. Selbstverständlich hielt ich sie, wie bei jedem ähnlichen Versuche, isolirt in einem runden Glasgefäss in gleicher Weise, wie ich die operirten Cladoceren gehalten hatte, und ebenso unter denselben Bedingungen, nur wechselte ich das Wasser ungefähr alle 8—14 Tage.

Die Versuche habe ich im Sommer und im Herbst 1900 unternommen. Es wurden wieder eine bestimmte Anzahl von Segmenten der grossen Antenne fortgeschnitten und auch in einzelnen Fällen von der 2. Antenne. Operationen an den Furcalästen vermochten die Thiere nur 8—14 Tage zu überstehen, hingegen vertrugen sie die Operationen an den Antennen sehr gut, selbst die Entfernung von $^2/_3$ der grossen Antenne hinderte die Thiere nicht, bald nach Bildung des Gerinnungspfropfes, ihre ruckweisen Schwimmbewegungen wieder auf-

zunehmen. Freilich waren diese hauptsächlich in der ersten Zeit nicht so kräftig und ausreichend wie früher, aber bald lernten sie den Verlust des Gliedes durch die Kraft der unverletzten Antenne und wahrscheinlich auch durch das 2. Antennenpaar so zu compensiren, dass sie nach einigen Wochen schon in geschickter Weise die ihnen zur Nahrung in die Behälter gebrachten jungen Daphniden und Cyprinen fangen und verzehren konnten. Der Gerinnungspfropf wurde im Verlauf von 1—3 Wochen abgestossen, und an seine Stelle trat eine Chitinabscheidung, die nach aussen convex war.

Von *Cyclops viridis* hatte ich 40 Stück operirt, aber ich vermochte nur 10 Thiere 3—4$^1/_2$ Wochen zu halten, von denen sämmtlichen an einer grossen Antenne eine bestimmte Anzahl Segmente abgeschnitten worden war. Drei von diesen wurden conservirt und gefärbt, zeigten aber keine Regenerationsanlagen in der operirten Antenne. Die übrigen gingen leider einige Tage darauf ein.

Von *Cyclops fuscus* Jurine, der aus den Altwässern des Rheins bei Breisach stammte, operirirte ich 24 Thiere. Unter diesen blieben diesmal 6 Exemplare (Weibchen), denen ich Segmente einer 1. Antenne fortgeschnitten hatte, bedeutend länger am Leben, häuteten sich aber nicht. Diese Versuche will ich der Reihe nach genau anführen:

No. 1. *Cyclops fuscus* ♀.

2./11. 1900. 10 Segmente der linken 1. Antenne abgeschnitten.
2./2. 1901 mit Eiersäcken.
12./3. eingegangen (conservirt).

No. 2. ♀.

2./11. 1900. 12 Segmente der rechten 1. Antenne entfernt.
5./2. 1901 mit Eiersäcken.
22./2. eingegangen (conservirt).

No. 3. ♀.

2./11. 1900. 5 Segmente der rechten 1. Antenne fortgeschnitten.
3./2. 1901 mit Eiersäcken.
12./3. eingegangen (conservirt).

No. 4. ♀.

14./11. 1900. 11 Segmente der rechten Antenne entfernt.
5./2. 1901 zum 1. Mal mit Eiersäcken.
18./3. zum 2. Mal mit Eiersäcken.
23./3. eingegangen (conservirt).

No. 5. ♀.

14./11. 1900. 13 Segmente der linken 1. Antenne abgeschnitten.

1./2. 1901 zum 1. Mal mit Eiersäcken.
9./3. zum 2. Mal mit Eiersäcken.
26./3. eingegangen (conservirt).

No. 6. ♀.

14./11. 1900. 15 Segmente der rechten 1. Antenne entfernt.
3./2. 1901 mit Eiersäcken.
6./3. zum 2. Mal mit Eiersäcken.
9./4. zum 3. Mal mit Eiersäcken. Lebt bei Abschluss dieser Arbeit noch.

Das älteste Exemplar ist somit über ein halbes Jahr alt, ist sehr lebhaft und wird wahrscheinlich noch eine geraume Zeit lebend erhalten werden können. Diese Cyclopiden waren bei der Operation sämmtlich ausgewachsene Thiere, da ich die Erfahrung machte, dass jüngere Cyclopiden schneller starben, also die Operationen nicht so gut vertrugen. Die Eierablage ging bei diesen Weibchen fast regelmässig in derselben Zeit vor sich und bei allen in gleichen Zwischenräumen. Die mikroskopische Untersuchung ergab keine erkennbaren Regenerationsanlagen in den verletzten Gliedern.

Trotz dieser negativen Resultate möchte ich mich aber nicht der Ansicht von Przibram anschliessen, der glaubt, dass die Einrichtung zur Regeneration bei diesen Thieren verloren gegangen ist, denn wir müssen dabei doch den Fall von Regeneration bei *Cyclops* in Rechnung ziehen, den Jurine in seiner „Histoire des Monocles", p. 39—41 folgendermaassen beschreibt: „Ne voulant pas borner à cela mes expériences, je coupai seulement une antenne à quelques-uns de ces animaux, ce qui coûta la vie à plusieurs. Une femelle, dont les deux tiers de l'antenne avait été retranchée, survécut et resta fort agile après cette opération, nageant presque aussi bien qu'auparavant; elle ne pondit que deux fois pendant cinq semaines; alors elle parut malade, je craignis de la perdre, et avec elle le fruit de mon observation; heureusement qu'elle put supporter le travail de la mue, et, à mon grand étonnement, je la vis reparaître avec deux antennes égales en longueur, et sans avoir pu remarquer que sa dépouille présentât aucune apparence de reproduction dans la partie coupée."

Er vergleicht dann diese Regeneration mit derselben Erscheinung beim Süsswasserpolypen und bei den Schnecken, und fährt dann fort:

„Il n'en est pas ainsi pour les monocles; on ne voit aucun bouton à la cicatrice de l'antenne, ni aucune addition de matière; cette régénération se fait sous le fourreau de sa dépouille prochaine; les sucs nourriciers propres au développement du petit tout organique

sont retenus et comprimés par cette écorce jusqu' au moment de sa chute.

La compression que peut souffrir une partie aussi apparente qu' une antenne, laisse concevoir celle que peut supporter le corps entier de l'animal et sert à expliquer l'augmentation de grosseur des monocles lorsqu' ils viennent de muer.“

Die Thatsache also, dass Cyclopiden regeneriren, können wir hiernach wohl als gewiss annehmen. Es wäre ja auch sonderbar, dass diese Thiere, deren 1. Antennen gewiss auch gelegentlich bei der Häutung oder beim Angriff eines Feindes verletzt werden, diese Einrichtung nicht besitzen sollten. Dass sie wirklich äussern Verletzungen ausgesetzt sind, beweist das Factum, dass ich am 9./7. 1900 ein *Cyclops*-Weibchen einfing, das den fast gänzlichen Verlust der linken 1. Antenne zeigte und dabei doch sehr munter war. Auch Przibram hatte einen *Simocephalus simus* mit natürlicher Verletzung der 2. Antenne gefunden (p. 9, Reg. bei den Crustaceen) und später Regeneration des fehlenden Theils constatirt. Verletzungen kommen also bei beiden Ordnungen der Entomostraken vor, und die Einrichtung der Regeneration zum Ersatz dieser verletzten Theile ist ebenfalls vorhanden.

Meiner Ueberzeugung nach tragen die ungünstigen Verhältnisse, unter denen wir die Thiere in der Gefangenschaft halten müssen, Schuld an den negativen Resultaten bei unsern Experimenten an den Copepoden. Das Alter der Thiere kann dabei auch nicht so sehr in Betracht kommen, denn das von Jurine operirte *Cyclops*-Weibchen kann wohl als voll entwickelt angesehen werden; und ich glaube kaum, dass nicht ausgewachsene Thiere zweimal hinter einander Eier abzulegen vermöchten. Ich möchte jeden Falls aus meinen Versuchen allein, trotzdem es mir gelang, operirte Cyclopiden über 5 und 6 Monate zu halten, nicht voreilig darauf schliessen, dass die Regenerationskraft bei den Copepoden nicht mehr ausgeprägt sein sollte, denn dagegen spricht nicht nur die von Jurine gemachte genaue Beobachtung, sondern auch die Bemerkung, die ich bei meinen fernern Versuchen an Insectenlarven feststellen konnte, dass man aus dem negativen Verhalten der Thiere in der Gefangenschaft nicht immer auf das Fehlen einer Regenerationskraft bei der betreffenden Gattung Schlüsse ziehen darf.

Zu diesen eben erwähnten Versuchen hatte ich *Agrion*-Larven benutzt, theils jüngere und theils ältere Exemplare, bei denen sich die Flügelanlagen schon in ziemlich fortgeschrittenem Stadium be-

fanden. Ich entfernte mit der Scheere bei einigen die Antenne, bei andern ein Bein oder einen Theil des Beines und bei den übrigen die Hälfte einer Tracheenkieme oder eine Tracheenkieme vollständig. Im Ganzen sind 30 Thiere operirt worden. Auffallend war hier besonders die Erscheinung, dass sich die Thiere gegen Verletzungen als sehr widerstandsfähig erwiesen und dass man auch Gelegenheit hatte, *Agrion*-Larven mit natürlichen Verletzungen einzufangen. Man muss selbstverständlich bei diesen operirten Thieren grössere Glasgefässe benutzen als für die kleinen Crustaceen, jedoch kann man sie in derselben Weise herrichten wie bei jenen Experimenten. Natürlich muss das Wasser ebenfalls, wie bei den Cyclopiden, häufig gewechselt werden.

Die operirten *Agrion*-Larven blieben fast alle 2—3 Monate (die Experimente wurden im Herbst gemacht) am Leben, aber dann starben sie nach einander, ohne irgend welche Regenerationserscheinungen zu bieten, bis auf 2 Thiere. Von diesen, bei denen ich die ganze rechte Tracheenkieme am 14./12. 1900 fortgeschnitten hatte, war das eine Thier eine jüngere Larve mit ganz geringen Flügelanlagen und das andere eine bedeutend ältere Larve mit ziemlich grossen Flügelanlagen. Die jüngere *Agrion*-Larve lebt jetzt, im Anfang Mai 1901, noch, lässt aber keine Regeneration erkennen, während die andere, ältere am 7./2. an Stelle der entfernten Tracheenkieme ein Regenerat zeigte, das die frühere Tracheenkieme im Kleinen wiedergab. Wie Fig. 1 zeigt, ist das Gebilde von ähnlicher Form wie die linke Tracheenkieme, nur ist es halb so gross. Demgemäss sind auch die Tracheen bedeutend dünner und verlaufen von dem Insertionspunkte der regenerirten Tracheenkieme als zwei dünne Stränge, die, sich leicht schlängelnd, bis dicht vor dem terminalen Ende hinziehen, hier sich beide vereinigen und dann als eine dünne Trachee in der Spitze des Gebildes endigen. Diese Tracheenkieme ist auch durchsichtiger als die beiden unverletzten und wird wohl wegen der Dünne der Trachee vorläufig nur unvollkommen die Function als Athmungsorgan erfüllen. Ob dieses Miniaturglied später durch ein vollständiges ersetzt worden wäre, konnte ich deshalb nicht beurtheilen, weil mir das Thier 14 Tage danach leider starb. Auch bei meinen Versuchen an *Agrion*-Larven beobachtete ich eine Art Autonomie, indem eine *Agrion*-Larve, als ihr die Hälfte einer Tracheenkieme abgeschnitten wurde, auch den noch vorhandenen Theil am andern Tage abwarf.

Hätte ich den einen Fall von Regeneration bei diesen Thieren nicht beobachtet, so wäre ich vielleicht auch zu demselben Schluss gekommen, den Przibram aus den negativen Erfolgen bei seinen Ver-

suchen an den Copepoden gezogen hat. Freilich dürfen wir, wenn die Resultate bei den Cladoceren und den Copepoden verglichen werden, die Regenerationskraft der erstern viel höher anschlagen, aber wir können nicht ohne weiteres den Copepoden die Regenerationsfähigkeit absprechen, ohne den von Jurine beobachteten Fall zu berücksichtigen. Dass die Regenerationskraft bei selbst verwandtschaftlich nahe stehenden Thieren verschieden ausgeprägt ist, dürfte bekannt sein, aber gerade dieser Umstand sollte uns bewegen, die Ursachen in äussern Verhältnissen zu suchen und Regeneration nicht als primäre Eigenschaft des Bion aufzufassen, denn es ist nicht einzusehen, weshalb z. B. in dem einen Fall die Cladoceren besser regeneriren als die Cyclopiden, wenn wirklich die Regenerationskraft analog derjenigen Kraft ist, nach der sich ein verletzter Krystall ergänzt (Spencer). Sollte Regeneration wirklich eine primäre Eigenschaft sein, so müssten doch dann wenigstens die Verfechter dieser Hypothese zugeben, dass sie sich im Laufe der Zeit modificiren musste und durch natürliche Auslese in verschiedener Weise um- und ausgebildet worden ist.

Auch ich hatte Gelegenheit, starke Differenzen in der Einrichtung der Regeneration bei sehr nahe stehenden Familien zu beobachten, wozu mir meine Versuche an den Ephemeridenlarven Veranlassung gaben. Hierzu benutzte ich die Larven von *Cloëon dipterum*, die ja in Tümpeln in grossen Mengen vorhanden sind. Die Regenerationskraft dieser Thiere ist ausserordentlich gross, so dass ich durch die Resultate sehr überrascht wurde.

Die Operationen machte ich in derselben Weise wie bei den frühern Versuchen an den Crustaceen und an den *Agrion*-Larven. Die Thiere wurden in gleichen Behältern und unter gleichen Bedingungen gehalten. Was ihnen als Nahrung diente, konnte ich nicht mit Sicherheit feststellen; wahrscheinlich nur vegetabilische Stoffe, da der Darminhalt, den ich wiederholt untersuchte, nur pflanzlichen Ursprungs war. Jeden Falls musste die Ernährung der Thiere sehr gut sein, denn der Darm zeigte sich immer gefüllt. Die Häutungen gingen nach den Operationen verhältnissmässig rasch vor sich. Die 1. Häutung erfolgte innerhalb 8—14 Tagen, die 2. Häutung häufig nach etwas längerm Zeitraum, die 3. Häutung, die ich nur bei wenigen Thieren beobachten konnte, kam ebenfalls innerhalb 3 Wochen zu Stande.

Ich schnitt bei diesen Larven Schwanzfäden, Antennen, Tracheenkiemen ab und nahm dann noch einige Operationen in besonderer Weise vor, die ich später näher beschreiben will. Nur bei diesen letztern schweren Eingriffen sind mir einige Larven bald oder mehrere

Tage nach der Operation zu Grunde gegangen, sonst gelang es mir immer, wenigstens die 1. Häutung zu erzielen und meistens noch die 2. und 3. Häutung zu beobachten. Die Widerstandsfähigkeit dieser Larven war ausserordentlich gross. Man konnte sie aller Tracheenkiemen einer Seite berauben, und sie überstanden dann sogar noch 2 Häutungen, nach denen sie Regenerationserscheinungen zeigten. Ein Unterschied in der Regenerationskraft junger und alter Thiere fiel mir bei meinen Versuchen nicht auf. Auch die Art der Schnittführung, ob gerade oder schräg, beeinflusste den Ersatz eines abgeschnittenen Körpertheils nicht.

Zuerst begann ich damit, einer grössern Anzahl von Ephemeridenlarven einen oder mehrere Schwanzfäden zu kürzen bezw. ganz mit der Scheere zu entfernen. Das Blutgerinnsel verschloss die Wundfläche ziemlich rasch; bei der Operation selbst zuckte die Larve zusammen und suchte zu entfliehen. Nur wenn alle Schwanzfäden kurz abgeschnitten wurden, litt die Beweglichkeit des Thieres darunter. Alle diese Larven überstanden die 1. Häutung ganz gut und boten deutliche Regenerationserscheinungen. Ein Theil einer Schwanzborste wurde schon nach der 1. Häutung vollständig regenerirt, und auch der Verlust einer ganzen Schwanzborste wurde ebenfalls fast gänzlich ersetzt, nur fehlte noch die feine Spitze, die aber nach der 2. Häutung zum Vorschein kam. In Einem unterschieden sich die regenerirten Schwanzfäden von den andern, nämlich in dem Besatz der feinen Haare, die erstens nicht in so reichlicher Anzahl und dann auch nicht in normaler Grösse erschienen waren. Wenn man alle Schwanzfäden abschnitt, so war nach 2 Häutungen die vorherige Grösse dieser Gebilde noch nicht erreicht, doch immerhin zeigten sich so erhebliche Fortschritte von einer Häutung zur andern, dass eine vollständige Regeneration wohl ungefähr nach der 4. Häutung zu erwarten gewesen wäre, wenn nicht die Thiere vorher eingingen. Es darf uns jedoch nicht besonders wundern, dass ich nur selten die 4. Häutung zu beobachten Gelegenheit hatte, denn bei dem starken Sauerstoffbedürfniss, das diese Larven haben, ist es eigentlich zu erwarten, dass sie in solchen Gefässen nicht Monate lang leben können, auch wenn man das Wasser häufig wechselt und genügend Wasserpflanzen hineinthut.

Die Operationen an den Antennen ergaben dieselben positiven Resultate. Der Gerinnungspfropf zeigte sich bald nach dem Schnitt, der die Thiere zu heftigen Bewegungen veranlasste. Der Verlust einer halben Antenne wurde schon nach der 1. Häutung ergänzt, der

einer ganzen Antenne wurde nach 2 Häutungen ersetzt. Und zwar war die Regeneration nach diesen Versuchen vollständig. Anfangs erschien die neue Antenne oft mit leicht Sförmiger Krümmung, die aber zur Schnittführung in keinem Verhältniss stand und auch bei neuer Häutung verschwand. Entfernte man beide Antennen, so wurde dieser Verlust erst nach mehreren Häutungen ausgeglichen.

Während die bisher beschriebenen Experimente zeigen, dass Antennen und Schwanzfäden ziemlich rasch regenerirt werden, verhält sich das bei Verletzungen der Beine in so fern anders, als die Thiere in diesem Fall bedeutend mehr Zeit gebrauchen, um ein verstümmeltes Bein vollständig zu ersetzen. Es scheint sich auch hier die Beobachtung zu bestätigen, dass die Schnelligkeit und Ausführung der Regeneration mit dem mehr oder weniger complicirten Bau des zu ergänzenden Gebildes in directem Verhältniss steht. Selbst wenn ich einen Theil der Tibia mittels einer Scheere wegschnitt, erschien der fehlende Theil nach der 1. Häutung nur in starker Verkleinerung, und erst nach nochmaliger Häutung war das Glied vollständig ersetzt. Legte ich den Schnitt noch höher, z. B. an das Coxalglied, so beobachten wir nur Chitinstummel häufig mit klumpigem Ende, die ungefähr die Hälfte des fehlenden Beines ausmachen. Nach der 2. Häutung verschwinden diese, und die normale Ausbildung der Extremität bahnt sich dadurch an, dass schon ein mehrgliedriges Gebilde erscheint. Aber erst nach der 3. Häutung sehen wir alle Theile des Beines, jedoch wesentlich kleiner, entstehen. Nur ein Vorderbein, das ich ebenfalls in dieser Weise abschnitt, wurde schon nach der 3. Häutung in der frühern Grösse ersetzt. Auffällige Abweichungen in der Regenerationsfähigkeit der einzelnen Beine konnte ich nicht bemerken, und es scheint, als ob Vorder-, Hinter- und mittleres Bein gleich gut regeneriren. Bemerkenswerth ist eine Erscheinung, die ich nach Entfernung eines normalen mittlern Beines beobachten konnte. Diese Extremität erschien in anomaler Form und behielt auch dieselbe Gestalt noch während der 3. und 4. Häutung ohne irgend eine Veränderung bei. Wie Fig. 2 zeigt, handelt es sich um ein Bein, bei dem das Femur eine scharfe Knickung erfuhr und Tibia und Tarsus stark reducirt erscheinen. Wir haben es hier nicht etwa mit einer Art Präliminargebilde zu thun, wie Przibram die an Cladoceren beobachteten Abnormitäten benannte, die aber nach weitern Häutungen normalen Antennen Platz machten, sondern mit einem unvollkommnen und anormalen Regenerat, das bis zu der zuletzt verzeichneten Häutung constant wieder erschien. Da ich den Schnitt gerade durch das

Coxalglied gelegt hatte, so konnte ich höchstens die Art der Operation dafür verantwortlich machen, die vielleicht die Regenerationsanlage für diese Extremität in irgend einer Weise beeinflusst hatte. Dies war aber auch die einzige Abnormität, die ich bei diesen Versuchen an den Ephemeridenlarven beobachten konnte.

Immerhin zeigen uns diese Experimente schon, zu welch enormen Regenerationsleistungen diese Thiere fähig sind. Aber diese Erfolge wurden noch durch ein Resultat übertroffen, das ich bei einer Serie von Versuchen erzielte, die ich deshalb angestellt hatte, um die Grösse der Regenerationskraft dieser Thiere zu erproben. Ich schnitt 10 Larven theils die beiden Abdominalsegmente ab, theils nur das letzte Segment sammt den Schwanzfäden. Die Thiere machten in dem Augenblick, als der Schnitt erfolgt war, eine blitzschnelle Bewegung, um zu fliehen, verharrten dann aber ruhig auf einem Fleck mehrere Minuten lang, da die Blutung sehr beträchtlich war. Erst nachdem sich die grosse Wundfläche mit einem festen Gerinnsel bedeckt hatte, liessen sich die augenscheinlich sehr ermatteten Thiere zu langsamen Bewegungen antreiben. Diejenigen Larven, bei denen 2 Abdominalsegmente entfernt wurden, gingen bis zum nächsten Tage alle ein, während die andern, bei denen bloss das letzte Segment abgeschnitten war, mehrere Tage lebten, aber auch dann nach und nach starben. Nur eine Larve blieb am Leben, häutete sich sogar, und zeigte die Regeneration des letzten Segments in der Form, wie ich sie in Fig. 3 dargestellt habe. Zu meinem grössten Bedauern überlebte aber das Thier die Häutung nur einige Tage und ging dann ein. Wenn man aber bedenkt, dass bei der Operation nicht nur die Schwanzfäden, die Endigungen der Haupttracheenäste und ein Stück des Enddarms sammt dem After entfernt, sondern auch die Leibeshöhle eröffnet wurde, so muss man staunen, dass das Thier es trotzdem fertig brachte, ein neues Abdominalsegment zu produciren, das mit Ausnahme der Schwanzfäden mit allen hauptsächlichen Theilen ausgerüstet war, die normaler Weise im letzten Abdominalsegment enthalten sind. Mit Ausnahme einer kleinen, scharfen Einbuchtung an der hintern äussern Partie der rechten Seite hat das vorletzte Segment die normale Form wieder erhalten. Bei dieser Einbuchtung endigt auch der rechte Tracheenstamm, der sich eigentlich noch rechts vom Darm in das letzte Segment fortsetzen sollte. Das regenerirte Segment stellt sich als ein stumpfer Kegel dar, der mit der Spitze nach hinten liegt, die Wandung dieses Gebildes ist durchaus nicht von jener festen, chitinösen Beschaffenheit, die die andern Segmente auszeichnet, sondern ist von einer so weichen,

chitinösen Membran umgeben, dass der Inhalt des Segments gewissermaassen bei jeder Bewegung des Thieres zu fluctuiren scheint, gerade wie sich die schlaffe Haut einer Schweinsblase, die nicht ganz mit Wasser gefüllt ist, beim Schütteln bewegt. Nur diejenige Partie der linken Seite, wo sich eine Anzahl Haare befindet, bis zu der durch leise Schattirung angedeuteten Falte, scheint von festerm Chitin umkleidet zu sein. Der linke Tracheenstamm verläuft nur eine kleine Strecke im neuen Segment und verästelt sich dann. Am sonderbarsten verhält sich aber der Enddarm, der schon im vorletzten Segment nicht mehr die Körpermitte einhält, sondern seinen Verlauf im rechten Theil zeigt bis zu einer scharfen Biegung, die zur Mündung in den neuen After führt. Die Lage dieses Afters ist im letzten Segment rechts oben ganz seitlich zu bemerken. Aus ihm erfolgte die Entfernung der Faeces stossweise ganz regelmässig, ohne dass man eine Störung durch die abnorme Lage erkennen konnte. Obgleich nach dieser 1. Häutung noch keine Spur einer Anlage für die fehlenden Schwanzfäden vorhanden war, so könnte man doch nicht behaupten, dass diese nicht erscheinen würden, da ich keine Gelegenheit hatte, fernere Häutungen dieses Thieres zu beobachten. Weitere Versuche ähnlicher Art blieben leider erfolglos.

Eine längere Zeit als die Regeneration der Schwanzfäden und Antennen erforderte auch der vollständige Ersatz künstlich entfernter Tracheenkiemen, die sich bei diesen Ephemeridenlarven, in 6 Doppelpaaren angeordnet, als Anhänge der Abdominalsegmente abheben. Von diesen Tracheenkiemen finden sich jederseits ein Paar in einem Segment. Nur das 7. Abdominalsegment trägt auf jeder Seite eine einzelne Tracheenkieme, die unbeweglich ist. Schneidet man nun ein oder mehrere Paare von Tracheenkiemen mit einer wenig gebogenen, feinen Scheere ab, so scheint das Thier, im Gegensatz zu den frühern Versuchen, nicht sonderlich dadurch beunruhigt zu sein. Durch diese Operation wurden die Schwingungen der andern unverletzten Tracheenkiemen nicht beeinflusst. Die Stelle, wo die Tracheenkiemen fehlen, markiren sich als dunkle, grosse Punkte, die von dem Blutgerinnsel gebildet werden. Nach der 1. Häutung boten sich aber bei vielen Versuchen so abweichende und interessante Resultate, dass es sich lohnt, auf die Erfolge einzelner Experimente näher einzugehen.

Zuerst wollen wir die normale Regeneration künstlich entfernter Tracheenkiemen betrachten, die jedoch, wie ich gleich bemerken will, nicht immer zu Stande kam, da in manchen Fällen ein Einfluss auf die benachbarten Tracheenkiemen oder auf die Tracheenkiemen der andern

Seite zu beobachten war. Die Häutungen erfolgten ungefähr in denselben Zwischenräumen, in denen sie bei den früher geschilderten Experimenten verzeichnet wurden. Nehmen wir z. B. einen Versuch, bei welchem die ersten 3 Doppelpaare einer Seite abgeschnitten waren, so sehen wir nach der 1. Häutung chitinöse durchsichtige Blättchen auftreten, die aber Anfangs immer in der Einzahl vorhanden sind, oft auch noch bei der 1. Häutung fehlen und dann erst bei der 2. erscheinen. Diese kleinen Blättchen variiren ziemlich in ihrer Gestalt, theils sind sie oval, theils herzförmig, oft auch breit ausgezogen mit abgestumpften Ecken, in derselben Form, wie sie sich in Fig. 4, rechts am Segment 3—7 und links am Segment 4 und 6 präsentiren. Sie scheinen homogene Gebilde zu sein, die bei der Bewegung der andern Tracheenkiemen selbstthätig mitschwingen. Ihr Insertionspunkt hat ungefähr dieselbe Lage, an der die abgeschnittenen Tracheenblätter inserirt waren. Aber der Tracheenast, der für die normalen Doppelgebilde bestimmt ist, verläuft nicht bis zu der eben beschriebenen Stelle, sondern endigt blind ein gutes Stück vor diesem Punkt (Fig. 4, Seg. 5 rechts). Bezüglich der Regeneration unterscheiden sich weder die einzelnen Tracheenkiemen des 7. Segments von den andern, noch die Doppelpaare unter sich. Bei der folgenden Häutung erscheinen diese Chitinblättchen nun meistens schon paarweise, jedoch von verschiedner Grösse; da ja normaler Weise die oberste Tracheenkieme kleiner als die untere ist, so wird dieser Unterschied auch schon jetzt bei der Regeneration angebahnt. Jetzt verlaufen auch die Tracheenäste des Hauptstamms schon bis zur Ansatzstelle und schicken auch oft schon zarte Stränge in die Chitingebilde hinein, wo sie sich jedoch nur wenig verästeln. Jede weitere Häutung — ich konnte sie nur bis zur 4. Häutung beobachten — bringt einen Fortschritt der Regeneration in der angedeuteten Weise mit sich. Die Blättchen vergrössern sich, die Tracheen werden dicker, verästeln sich reichlich, und bei der 4. Häutung kommen schon wohlgestaltete Tracheenkiemen zum Vorschein, nur dass diese noch nicht den vollen Umfang erreicht haben. Wird ein Tracheenkiemenpaar halb durchgeschnitten, so ist die Regeneration ähnlich. Sonderbarer Weise erscheint dann in so fern eine Reduction, dass die kleinen Blättchen ohne Tracheen nach der 1. Häutung als einzelne Gebilde auftreten. Sie sind jedoch grösser als diejenigen, die nach der gänzlichen Entfernung der Tracheenkiemen erscheinen. Nun scheint aber diese Operation, wenn man z. B. 4 oder 5 Tracheenkiemenpaare einer Seite entfernt, nicht selten einen eigenthümlichen Einfluss auf die unverletzten Tracheen-

blätter derselben Seite auszuüben. Schnitt ich z. B. auf einer Seite mit Ausnahme der ersten beiden Tracheenkiemenpaare alle fort, so erschien nach der 1. Häutung in einem Fall auch das 2. Paar nicht wieder, und von dem 1. kam nur die unterste Tracheenkieme wieder zum Vorschein. Die normale Regeneration setzte bei diesem Versuch erst bei der 2. Häutung ein. Aehnliche Wirkungen konnte ich noch bei einigen Experimenten bemerken.

Noch auffallender gestaltete sich aber der Einfluss solcher Eingriffe auf die linke Seite, wenn ich z. B. rechts operirt hatte. Ich hatte Gelegenheit, 3 solcher Fälle zu beobachten, von denen ich einen in seinem weitern Verlauf in Fig. 4, 5 und 6 abgebildet habe. Bei dieser Ephemeridenlarve hatte ich auf der rechten Seite die Tracheenkiemen des 3., 4., 5., 6. und 7. Abdominalsegments abgeschnitten, die der linken Seite waren normal und in voller Anzahl vorhanden. Nach der 1. Häutung zeigte sich das Bild in derselben Weise, wie es Fig. 4 darstellt. Rechts sehen wir den normalen Gang der Regeneration eintreten, dagegen sind die Tracheenkiemen des 2., 6 und 7. Segments der linken Seite verschwunden. An ihrer Stelle erschienen einzelne chitinöse Gebilde. Während die Tracheenkiemen vom 3. Abdominalsegment normal sind, haben die des 5. Segments eine Verkleinerung erfahren. Nach 9 Tagen erfolgte die 2. Häutung des Thieres (Fig. 5). Die Regeneration auf der rechten Seite hatte weitere normale Fortschritte gemacht. Im Abdominalsegment 3 rechts ist sogar die untere Tracheenkieme schon ziemlich weit entwickelt und die obere als kleines, längliches Blättchen angedeutet. Aber auch in den übrigen Segmenten der rechten Seite sind Fortschritte zu verzeichnen. Anders verhält es sich dagegen links; wohl können wir auch hier im 4., 6. und 7. Abdominalsegment eine Vergrösserung der blattartigen Vorsprünge wahrnehmen und darin den Verlauf von Tracheen, wenigstens im 4. und 6. Segment, aber überraschender Weise zeigen dagegen die Tracheenkiemen vom 5. Abdominalsegment gewissermaassen eine Reduction. Zwar hat die untere Tracheenkieme noch eine leidliche Grösse behalten, dagegen sehen wir die obere nur als kümmerliches Gebilde wieder. 17 Tage darauf sehen wir den Stand der Regeneration nach der 3. Häutung (Fig. 6). Die weitern Fortschritte auf der rechten Seite sind ganz deutlich zu bemerken, auch auf der linken Hälfte des Thieres haben die 4., 6. und 7. Abdominalsegmente grössere Gebilde bekommen, aber merkwürdiger Weise hat die Reduction im 5. Abdominalsegment mehr zugenommen. Von der obern Tracheenkieme ist nicht die geringste Andeutung mehr vorhanden, und die

untere ist nicht nur verkleinert erschienen, sondern entbehrt auch jeglicher Spur von Tracheen. Die Insertion dieses Blättchens befindet sich auch weiter oben, dicht an den kleinen Tracheenast ansetzend. Einer weitern Beobachtung dieser Larve setzte zu meinem grossen Bedauern der Tod des Thieres ein Ziel.

Bei dem zweiten Fall handelt es sich um die Fortnahme der Tracheenblätter des 5., 6. und 7. Abdominalsegments der rechten Seite. Nach der 1. Häutung sah ich rechts die Regeneration in der schon beschriebenen Weise auftreten, links ist die Trachenkieme des 7. Abdominalsegments normal wieder erschienen, aber statt der Tracheenkiemen des 5. und 6. Segments links kamen kleinere Tracheenblätter in der Einzahl zum Vorschein. Das Thier ging dann aber leider später ein.

Der Einfluss dieser Operationen machte sich aber nicht immer schon nach der 1. Häutung bemerkbar, wie uns der dritte Fall zeigt, wo ich bei einer Ephemeridenlarve die Tracheenkiemen der rechten Seite mit Ausnahme der ersten beiden Paare entfernte. Bei der 1. Häutung zeigte sich links nichts Abnormes, wohl aber trat nach der 2. Häutung der Verlust der Tracheenkiemen des 3. Abdominalsegments ein. Auch diese Larve starb dann leider bald nachher.

Wenn wir nun diese Abnormitäten, die neben der regelmässigen Regeneration der abgeschnittenen Tracheenkiemen einhergehen, näher berücksichtigen, so können wir die Erwägung, dass bei einigen der beschriebenen Fälle, bei welchen ein Verlust benachbarter Tracheenkiemen und solcher der andern Seite constatirt wurde, die Häutung diesen Verlust herbeigeführt haben könnte, nicht ganz abweisen, wenn gleich uns der erste und zweite Fall, wo ein deutlicher Einfluss der Operation auf die linke Seite vorliegt, berechtigen würde, dies auch zu bezweifeln. Für diese beiden eben erwähnten Fälle müssen wir jedoch eine solche Erklärung entschieden ablehnen, denn die Tracheenkiemen, die sich durch jene Versuche beeinflusst zeigten, waren nach der Häutung nicht ganz verschwunden, sondern fielen als bedeutend verkleinerte Gebilde auf, obgleich sie nicht verletzt gewesen waren. Diese Thatsache und der Umstand, dass der Einfluss dieser Operationen sich nur auf benachbarte Tracheenkiemen derselben Seite oder auf solche der andern Seite erstreckte, die den Segmenten entsprachen, an denen Tracheenkiemen fortgeschnitten waren, lässt eine Berechtigung zu der Vermuthung zu, dass es sich hierbei vielleicht um einen Einfluss auf das Nährmaterial der Tracheenkiemen handeln könnte, das eventuell für beide Seiten gemeinsam in dem

dorsal gelegenen Fettkörper localisirt wäre. Um nun vielleicht das Vorhandensein von bestimmten Anlagen zur Regeneration beweisen zu können, unternahm ich es, Stücke der Umgebung eines Tracheenkiemenpaares mit diesem zusammen mittels des Staarmessers zu exstirpiren, desgleichen schnitt ich auch eine Extremität oder einen Schwanzfaden sammt einer grössern Partie des betreffenden Segments um die Ansatzstelle herum aus. Ich hoffte schon, ein oder das andere Thier durchzubringen, da mir einige mehrere Tage am Leben blieben, aber die Operation schien doch die Larven zu sehr mitgenommen zu haben, denn sie gingen später sämmtlich ein.

Wenn nun auch der Versuch, auf diesem Wege zum Ziel zu gelangen, scheiterte, so lag natürlich der Gedanke nahe, diese Experimente, allerdings den Verhältnissen entsprechend modificirt, bei den Würmern zu wiederholen, die sich ja für Regenerationsversuche am besten eignen. Hierzu veranlassten mich auch die Resultate von EUGEN SCHULTZ, der bei den Polychäten fand, dass die Regenerationszellen auf der Bauchseite in Bändern gruppirt erscheinen. Wenn auch dies ganz plausibel klingt, so schien mir diese Behauptung nicht gänzlich einwandsfrei zu sein, zumal ja die Regeneration bei den gleichen Versuchen (Durchschneiden der betreffenden Würmer) natürlich immer in derselben Weise vor sich gehen musste Hierüber konnten nur Versuche sichern Aufschluss geben, die bestimmte innere Organe berücksichtigten und durch die Art der Operation den Befund von SCHULTZ eventuell bestätigen könnten. Ich wählte hierzu innere Operationen an Regenwürmern, da für das Narkotisiren dieser Thiere in einem BARFURTH'schen Bericht über Regeneration eine von FRIEDLÄNDER angegebene zweckmässige Methode erwähnt wurde. Thatsächlich hat auch FRIEDLÄNDER selbst im Jahre 1895 in der Zeitschr. wiss. Zool. die Resultate von Exstirpationen der Theile des Centralnervensystems an Regenwürmern veröffentlicht, was mir aber erst nach dem Abschluss meiner Versuche bekannt wurde. Da meine Resultate sich auch mit den von FRIEDLÄNDER veröffentlichten in keiner Weise deckten, so schien meine Mühe nicht vergebens gewesen zu sein. Bei dem Vergleich der Ergebnisse meiner Untersuchungen war ausser der FRIEDLÄNDER'schen Arbeit in erster Linie die von HESCHELER in Betracht zu ziehen, jedoch habe ich auch die Ergebnisse der Versuche an Polychäten und limicolen Oligochäten möglichst zu berücksichtigen gesucht.

Meine Versuche beschränkten sich darauf, das Oberschlundganglion und Theile des Bauchmarks zu exstirpiren. Von den Genitalorganen

wählte ich zur Exstirpation die 3. Samenblase einer Seite, da diese von aussen her durch Längsschnitte am leichtesten zugänglich war. Es wurden zu diesen Experimenten nur sehr grosse, geschlechtsreife Exemplare von *Lumbricus terrestris* genommen, die vorher in der von Friedländer angegebenen Alkohollösung 25—40 Minuten narkotisirt wurden. Nach der Operation wurden sie isolirt in Blumentöpfe gebracht, die $^3/_4$ mit Erde gefüllt waren und dann mit faulem, reichlich durchfeuchtetem Laub zugedeckt. Auch die Erde wurde alle paar Tage befeuchtet. Auf die Behälter legte ich Glasplatten, um ein Entfliehen der Thiere zu verhindern.

Die Herausnahme des Oberschlundganglions nahm ich in der Weise vor, dass ich einen Längsschnitt dorsal vom 2.—5. oder 6. Segment legte, mir mit feinen Messern und Scheeren das kleine Operationsfeld möglichst zugänglich machte. Dann fasste ich mit den Branchen einer spitzen, dünnen Pincette den Nervenstrang dicht am Oberschlundganglion, das sich von der Umgebung ziemlich deutlich abhebt, schnitt distal von der Pincette den Nervenstrang durch, hob das Oberschlundganglion nun an dem einen Ende in die Höhe und trennte dann auch die Verbindung mit der andern Seite mittels einer Scheere. Alsdann vernähte ich die Wunde. Ich benutzte dazu eine sehr feine Nähnadel, glühte diese aus und bog sie ein wenig. Als Material zum Vernähen diente mir dünne, weisse und wenig gedrehte Flockseide, der ich vor der Jodoformseide deshalb den Vorzug gab, weil sie nicht wie letztere die weiche Epidermis des Regenwurms durchriss. Catgut ist leider nicht so dünn im Handel vorräthig, sonst würde ich dieses Material noch eher empfehlen. Mit 3 oder höchstens 4 Nähten konnte man diese Operationswunde bequem zum Verschluss bringen, so dass Wundrand dicht an Wundrand zu liegen kam und eine primäre Heilung garantirte. Die Nähte wurden nach 2 Tagen entfernt. Bald nach dem Eingriff erholten sich die Thiere rasch und krochen in ihrem Behälter auf der Erde umher. Am nächsten Tage schon war die Wunde geschlossen. Während aber die Würmer, bei denen ich andere Operationen vollführt hatte, möglichst rasch die aufgelockerte Erde aufsuchten, blieben die Thiere mit exstirpirtem Oberschlundganglion sogar oft noch nach 14 Tagen an der Oberfläche. Sie versuchten zwar, wie ich selbst bemerkte, in die Erde zu kriechen, und ich glaubte daher, dass die Fähigkeit dazu ihnen nach der Operation zu fehlen schien; Friedländer hat jedoch beobachtet, dass auch solche Thiere noch am Tage der Operation die Erde aufsuchten. Die Nahrungsaufnahme war aber durch den Eingriff selbst nicht gehindert.

Bei der Excision eines Stückes des Bauchmarkstrangs ging ich natürlich von der ventralen Seite aus vor und wählte dazu theils die Partie zwischen Clitellum und Samenblasen, theils diejenige, die sich direct ans Clitellum nach hinten zu anschloss. Etwa in einer Ausdehnung von 7—15 Segmenten legte ich einen Längsschnitt etwas seitlich von der Medianlinie, um das Bauchgefäss nicht zu verletzen, präparirte mir wiederum mit feinen, kleinen Messern und Scheeren die zu exstirpirende Bauchmarkpartie frei, indem ich den Darm vorsichtig nach der andern Seite vordrängte und einen Theil der Dissepimente durchschnitt. Dann isolirte ich mit besonders präparirten Wundhäkchen den Bauchstrang in der Ausdehnung, in der ich ihn excidiren wollte. Diese Häkchen hatte ich mir aus sehr langen, dünnen Präparirnadeln angefertigt, deren Spitzen ich scharf krümmte. In diese Instrumentchen hakte ich die Partie des Bauchmarks ein, löste den Strang erst von seinen seitlichen Verbindungen und schnitt ihn dann vorn und hinten ausserhalb des von den Häkchen gefassten Theils durch. Die Vernähung der Schnittwunde geschah dann in derselben Weise wie bei der früher beschriebenen Operation. Auch hiernach erholten sich die Thiere bald und krochen auch einige Stunden nachher schon in die Erde. Bald nach den ersten mikroskopischen Untersuchungen modificirte ich diese Operationsweise, indem ich die Schnitte mehr von der Medianlinie fortrückte, sie auch seitlich und in einigen Fällen sogar ganz dorsal legte. Die Schwierigkeit wurde damit natürlich erheblich gesteigert, aber mit der angegebenen Methode gelangte ich immer zum Ziel, nur 2mal passirte es mir, dass ich das Rückengefäss durchschnitt. Darmverletzungen kamen nicht vor. Diese Operation überlebten die Thiere aber nur dann noch, wenn ich den Schnitt 1—2 mm von der Medianlinie legte. Bei einer weitern Verlegung der Schnittstelle liess es sich natürlich nicht vermeiden, einen grössern Theil der Dissepimente zu durchschneiden und theilweise auch die Nephridien zu beschädigen. Zwar lebten die Thiere selbst bei Exstirpationen vom Rücken her noch einige Tage, suchten sogar die Erde auf, gingen aber dann ein.

Bedeutend leichter als die bisher beschriebenen Eingriffe war die Herausnahme der 3. Samenblase, schon allein deshalb, weil das Operationsfeld bedeutend grösser und auch leichter zu erreichen war. Es wurde mittels Längsschnitts seitlich von der Mittellinie dorsal die Leibeshöhle eröffnet in einer Ausdehnung von 4 Segmenten, dann die Samenblase etwas frei präparirt, mit der Pincette hervorgezogen und dann herausgeschnitten.

An 43 Regenwürmern vollzog ich die erwähnten Operationen, von denen 19 Stück allein auf Bauchmarksexcisionen entfallen, die übrigen vertheilen sich dagegen gleichmässig auf die Oberschlundganglion- und Samenblasenexstirpationen. 11 Thiere waren nach den Operationen eingegangen, von denen bis auf eins alle in Folge von schweren Bauchmarksoperationen starben.

Behufs mikroskopischer Untersuchung fixirte ich die Thiere nach 3, 5, 7, 14, 21 und 28 Tagen in PERENYI'scher oder in der von PETRUNKEWITSCH modificirten GILSON'schen Flüssigkeit. Einige von den Regenwürmern, bei denen ich die Samenblase herausschnitt, fixirte ich erst nach 8 Wochen. Die Färbung der Präparate vollführte ich mit Boraxkarmin allein oder Doppelfärbung mit Bleu de Lyon, mit Hämatoxylin (BÖHMER) und Eosin, Safranin oder Hämatoxylin, Pikrokarmin und Pikrinsäure. Ueber den Verlauf der eventuellen Regeneration der exstirpirten Theile konnten nur Schnittserien Aufschluss geben. Hierzu glaubte ich am zweckmässigsten Querschnitte zu wählen. Eine Vergleichung meiner Resultate mit denen der andern Autoren will ich erst nach ausführlicher Darstellung meiner Ergebnisse geben.

Meine Operationsweise liess schon von vorn herein eine massenhafte Einwanderung von Leukocyten aus der Leibeshöhle in die Wunde nicht zu. Bei der sorgfältigen Vernähung der Schnittwunde, wobei sich Epithel dicht an Epithel und die Muskelschichten eng an einander legen, war eine Heilung per primam nur die natürliche Folge. Es stellten sich daher schon in einigen Tagen fast normale Verhältnisse im Verlauf der Schnittwunde ein, und nur eine kleine Einbuchtung zeigte meistens, aber auch nicht immer, diejenige Stelle an, wo der Schnitt erfolgt war, denn das Epithel der einen Seite ging ohne die geringste Differenz in das der andern Seite über, und auch die Musculatur zeigte keine Spur des Eingriffs mehr. Ich konnte daher nun mein Hauptaugenmerk ruhig auf die Partie richten, wo der Theil fehlte, den ich exstirpirt hatte.

Dabei zeigte sich, dass Gehirn und Bauchmark regenerirt wurde, und zwar in verhältnissmässig kurzer Zeit. Nach beiden Operationen konnte ich die erste Anlage schon am Ende einer Woche constatiren. Die ganze Dauer bis zum vollständigen Ersatz der Bauchmarkslücke oder des Oberschlundganglions nahm ungefähr 4 Wochen in Anspruch; durchaus regelmässig trat jedoch die Regeneration nicht bei allen Thieren ein, denn ich fand z. B. bei einem Regenwurm bereits nach 3 Wochen das regenerirte Oberschlundganglion in normaler Grösse vor.

Bei der Regeneration des Gehirns fällt vor allem auf, dass die Stränge, die von dem Unterschlundganglion nach oben zum Gehirn ziehen, bei diesem Process sich anscheinend mehr passiv verhalten. Zellenanhäufungen finden an diesen Stümpfen nicht statt, nur einige Nervenfasern scheinen mehr hervorzuragen. Dagegen zieht ein Gewebe unsere Aufmerksamkeit auf sich, das sich an der Stelle befindet, wo das Oberschlundganglion fehlt, und sich schon durch die intensivere Färbung von der Umgebung scharf abhebt (Fig. 7). Dieses Gewebe trägt einen durchaus einheitlichen Charakter. Die Kerne sind fast alle von rundlicher Gestalt, liegen in länglichen, ovalen Zellen und zeigen nur geringe Grössendifferenzen. Das Chromatingerüst mit einem Nucleolus tritt besonders bei Färbung mit Boraxkarmin scharf hervor (Fig. 8). Bei näherer Betrachtung scheint dieses Gewebe die Ring- und Längsmusculatur zu durchbrechen und seinen Ursprung von einer Stelle des Epithels aus zu nehmen (Fig. 7). Und dies bestätigt sich auch bei genauer Untersuchung. Dort, wo sich die frühere Schnittwunde befand, können wir meistens bei jüngern Präparaten noch eine kleine Einbuchtung wahrnehmen; sie ist nicht genau in der Mitte gelegen, da ich es absichtlich vermieden hatte, median zu operiren, um einerseits die Stelle leichter wiederzufinden und andrerseits auch besser über den Einfluss urtheilen zu können, den die Lage der Operationswunde auf den Gang der Regeneration ausübt. Während das Epithel sich sonst ziemlich deutlich von der Musculatur abhebt, ist diese Partie nicht scharf abgegrenzt. Vor allem sehen wir hier sich zahlreiche mitotische Zelltheilungen in charakteristischer Weise abspielen (Fig. 8 u. 9). Die Epithelzellen wandern zwecks Theilung nach oben und runden sich hier ab. Auffälliger Weise nimmt aber die Spindel nicht eine beliebige Lage ein, sondern stellt sich immer parallel zur Oberfläche, und zwar ausnahmslos. Ich konnte keine einzige Mitose im Aster- oder Dyasterstadium auffinden, die in dieser Epithelpartie nicht dieses Merkmal gezeigt hätte. Somit scheint der Hertwig'sche Satz doch nicht überall Anwendung finden zu können, wonach nämlich die mitotische Spindelfigur immer in der Richtung der grössten Protoplasmamassen zu liegen kommt; mithin müsste sich auch die Spindel in einer kugligen Zelle in ganz beliebiger Lage einstellen. Das ist jedoch hier nicht der Fall. Diese Thatsache, dass die Zellen bei der Theilung im einschichtigen Cylinderepithel sich nach oben abrunden und die Spindel parallel zur Oberfläche stellen, war auch Gegenstand einer Discussion auf einer Anatomenversammlung in Strassburg 1894 zwischen Heidenhain und Ziegler. Neuere For-

schungen, z. B. die von Häcker, haben zwar gezeigt, dass der Hertwig'sche Satz zu Recht besteht, dass aber auch gelegentlich andere Factoren dabei in Betracht kommen, über die wir uns keine richtige Vorstellung machen können. Häcker hatte auch schon 1895 in seiner Arbeit über die Entwicklung der *Polynoë*-Larve auf tab. 16, fig. 25 diese Lage der Spindelfigur abgebildet, und auch Hescheler thut dies in der schon früher erwähnten Arbeit auf tab. 23, fig. 15. Bevor wir die Epithelzellen weiter verfolgen, möchte ich noch auf einen Umstand aufmerksam machen. Die Epithelzellen beim Regenwurm haben nämlich für gewöhnlich nur ein grosses Kernkörperchen, sonderbarer Weise ist dies aber nicht der Fall bei den Epithelzellen, die sich in reger mitotischer Zelltheilung befinden, wie uns das Fig. 9 zeigt. Hier finden wir meistens 2 grosse Nucleoli, die erst verschwinden, wenn sich die Zelle anschickt, nach oben zu wandern, und sich dort abrundet. Hier liegt wohl der Gedanke näher, in dieser Erscheinung nur Abspaltungs- oder Zwischenproducte des regern Stoffwechsels der Zelle zu suchen, wie es Häcker für das Auftreten von Nucleolen in den Zellen annimmt. Nachdem die sich theilende Zelle in das Tochterknäuelstadium eingetreten ist, verlässt sie gleichzeitig ihren frühern Platz, nimmt eine längliche Form an und theilt sich in längliche Zellen mit rundlichen oder ovalen Kernen. Dann werden die Theilproducte nach innen abgedrängt. Was Form und Gestalt dieser Zellen anbetrifft, so scheinen sie den unter diesem Theil der Epidermis gelegenen Zellen durchaus zu gleichen, die wohl auch mit jenen gleichen Ursprungs sein werden. In Fig. 9 sind unter dem quergeschnittenen Aster zwei Epithelzellen dargestellt, die aus einer Theilung hervorgegangen sind. Die Kerne dieser Zellen sind jedoch meistens nicht ganz so gross. Sie durchbrechen nun in dichter Menge die Musculatur, von der sie sich scharf abgrenzen lassen, und breiten sich unterhalb der Längsmusculatur zu einem mächtigen Polster aus (Fig. 7), das seine Ausdehnung nicht nur auf das Segment, wo das Oberschlundganglion seine normale Lage hat, beschränkt, sondern auch in die beiden angrenzenden Segmente sich vordrängt. Schon vom 5. Tage an beginnen sich in diesem Gewebe, in dem sich auch viele Mitosen nachweisen lassen, fast gleichzeitig an zwei Punkten gewisse Differenzirungen bemerkbar zu machen. Es treten Zellen mit ziemlich grossen Kernen auf, und in deren Umgebung oder von ihnen selbst aus bilden sich Fasermassen, die mehr die Mitte einnehmen, während die grosskernigen Zellen an der Peripherie dieser bei Boraxkarminpräparaten blassrothen Partie liegen (Fig. 10). Die erwähnten Zellen dürfen wir

wohl ihrem ganzen Habitus nach als junge Ganglienzellen ansprechen und den blassroth gefärbten Theil als Nervensubstanz. Kurz bevor diese erste Anlage zu Stande kommt, scheint eine gewisse Direction in den Zellen des Regenerationsgewebes aufzutreten. Sie scheinen sich, in zwei Zügen geordnet, nach diesen beiden Partien hinzuziehen. Dabei kommt es mir vor, als ob erst in der nächsten Umgebung der ersten Anlage grössere Kerne in den Zellen auftreten, denn nie sah ich in dem übrigen Theil des Regenerationsgewebes einen solchen Unterschied in der Grösse der Kerne. Die beiden Anlagen sehen wir nach 14 Tagen schon sehr vergrössert vor uns und in der Mitte verschmolzen. Ebenso sprossen jetzt zwei Nervenstränge daraus seitlich hervor, die in die alten, vom Unterschlundganglion nach oben ziehenden Stränge übergehen. Bei 7 Tage alten Präparaten ist von einer Andeutung der Regeneration dieser seitlichen Ausläufer des Oberschlundganglions noch nichts zu bemerken, sie tritt erst einige Tage nachher auf, nachdem die ersten Anlagen des Gehirns weiter vorgeschritten sind. Nach 3—4 Wochen scheint die Regeneration des Oberschlundganglions fertig und seine Verbindungen mit den seitlichen Nervensträngen wieder vollständig hergestellt zu sein. Wenn wir nun das Orientirungsbild Fig. 7 vornehmen, so sehen wir das Regenerationsgewebe von zwei Punkten entspringen, die seitlich von der Mittellinie liegen. Ich muss jedoch dazu bemerken, dass das eine Ausnahme ist. Bei allen andern Präparaten sehen wir nur eine Stelle, die eigentliche Schnittwunde, der das Regenerationsgewebe seinen Ursprung verdankt. Meiner Vermuthung nach wird die zweite Stelle bei diesem einen Präparat auch durch künstlichen Eingriff zur Theilungsstätte zahlreicher Zellen veranlasst worden sein, und ich glaube, dass in diesem einen Fall gerade eine Nahtwunde in die betreffende Gegend zu liegen kam. Da ich in erst 7 Tage alten Präparaten weder spindelförmige Zellen, noch solche lymphoiden Charakters in dem Regenerationsgewebe entdecken konnte, da ferner die alten seitlichen Nervenstränge weder Zellanhäufungen, noch Zelltheilungen in ihren Stümpfen erkennen liessen, so glaube ich, annehmen zu dürfen, dass die Regeneration des Gehirns nur von der Epidermis aus vor sich geht und zwar von der Schnittwunde, die gewissermaassen den Auslösungsreiz für die Regeneration abgiebt. Von hier aus proliferiren die Zellen nach unten, breiten sich aus und lassen die erste Anlage des Gehirns gleichzeitig paarig hervorgehen. Die ektodermale Herkunft des Oberschlundganglions lässt also die engen Beziehungen, die Ontogenese

und Regenerationsvorgänge mit einander haben, hier besonders deutlich hervortreten.

Um nun zu untersuchen, in welcher Ausdehnung das Epithel Zellen enthält, von denen aus die Regeneration vor sich gehen kann, müsste die Ausführung der Operation, also die Lage der Schnittwunde, geändert werden. Bei den Oberschlundganglion-Exstirpationen verbot sich das wegen der bedeutenden Schwierigkeiten, die sich dieser Operation entgegenstellen, von selbst. Wohl könnten wir aber damit zum Ziele kommen bei den Excisionen des Bauchmarks. Die Regeneration dieses Centralorgans geht im wesentlichen auch so vor sich wie die des Gehirns. Ich brauche hier also nicht so eingehend alle Details zu beschreiben. Von der Schnittstelle aus geht die Theilung der Epithelzellen, die sich ebenso verhalten wie bei der oben beschriebenen Regeneration, nach der Richtung zu, wo das excidirte Stück seine Lage hatte. Es ist ein breiter Strang meist gleichartiger Zellen, der in der ganzen Ausdehnung des fehlenden Bauchmarks ununterbrochen von der Epidermis bis zu dieser Stelle hinzieht. Hier sehen wir bei 9 und 14 Tage alten Präparaten eine Anzahl Ganglienzellen in Haufen auf der ventralen Seite auftreten und darüber Nervenfasermassen. Auch bei den Bauchmarkregenerationen glaube ich, dass sich die alten Stümpfe gar nicht oder nur sehr wenig bei der Regeneration betheiligen. Dies schliesse ich aus dem Umstande, dass sich bedeutende Zellenansammlungen in den Stümpfen nicht vorfinden, und auch daraus, dass ich keine Zelltheilungen darin nachweisen konnte. Wenn ich das Bauchmark in einer Ausdehnung von 5—7 Segmenten herausschnitt, so wird es noch gut regenerirt. Bei Excision grösserer Stücke sind mir die Thiere eingegangen. Nachdem ich auch hier fand, dass das neu gebildete Bauchmark ektodermalen Ursprungs ist und von der Schnittstelle aus regenerirt wird, verlegte ich den Schnitt weiter von der Medianlinie. Aber dies gelang mir nur bis zu einer gewissen Maximalentfernung und zwar nur bis zu einer ventralen Borstenreihe, wie das Fig. 11 zeigt. Legte ich den Schnitt noch weiter seitlich, so starben die Thiere wahrscheinlich in Folge der Operation nach mehreren Tagen. Denn, wie schon erwähnt, kann man dann eine Verletzung der Nephridien und umfangreichere Durchschneidung der Dissepimente nicht vermeiden. Uebrigens halte ich es aber nicht für ausgeschlossen, dass diese Operationen bei andern, vielleicht widerstandsfähigern Arten der Lumbriciden gelingen könnten. Blieben doch selbst bei Exstirpationen vom Rücken aus die Regenwürmer 4 Tage leben und krochen in die Erde. Interessant ist nun aber die That-

sache, dass in den Fällen, wo die Thiere leben blieben und Regeneration eintrat, diese immer von der Schnittwunde aus stattfand. Und selbst bei der beträchtlichen Entfernung, wo der Schnitt ungefähr mit der Borstenreihe zusammenfällt, macht das Regenerationsgewebe diesen weiten Umweg.

Während die Versuche der Bauchmarksexcisionen und Gehirnexstirpationen positive Resultate ergaben, liessen diejenigen Regenwürmer, bei denen ich die Samenblase herausschnitt, keine Spur von Regeneration erkennen. Selbst 8 Wochen alte Präparate zeigten auf Schnittserien nicht die geringste Andeutung davon. Leider konnte ich in der Literatur nichts darüber finden, ob überhaupt Genitalorgane beim Regenwurm regenerirt werden, und will daher hiermit nur die negativen Ergebnisse meiner Operationen mittheilen, ohne mich in Vermuthungen darüber zu ergehen, welche Ursachen hierfür verantwortlich gemacht werden könnten.

Vergleichen wir nun meine Ergebnisse mit den Arbeiten von Friedländer und Hescheler, so stehen sie noch mit den Resultaten des Letztern am meisten im Einklang. Indem dieser auf die von aussen zuwandernden Epithelzellen hinweist, schreibt er p. 550: „Die epidermale und, wenn wir auf die Keimblätter zurückgehen wollen, die ektodermale Abkunft eines Theiles der am Aufbau der neuen Centralorgane nervöser Natur betheiligten Zellelemente ist damit nachgewiesen“. Andrerseits glaubte er aber, dass die alten Elemente sich auch wesentlich bei der Regeneration betheiligen, und nimmt das besonders bei der Regeneration des Bauchmarks an, wo er im alten Bauchmarkstumpf 8—10 Segmente weit bedeutendere Zellenanhäufungen mit Mitosen gesehen hat. Dies konnte ich in meinen Präparaten nicht bemerken. Auch vermochte ich bei der Anlage des Gehirns nachzuweisen, dass diese, Anfangs isolirt, für sich aus dem Regenerationsgewebe zu Stande kommt, ohne dass das betreffende Gewebe in den allerersten Anfangsstadien mit den alten Stümpfen in Connex gekommen war.

Auch Friedländer ist der Ansicht, dass sich die regenerirten Partien durch Auswachsen der ausgeschnittenen bilden. Aber ausserdem schreibt er noch den Leukocyten, die er im Regenerationsgewebe gefunden hat, eine grosse Bedeutung zu. Bei der Regeneration des Oberschlundganglions sagt er p. 259: „Ich hüte mich natürlich vor der Behauptung, dass das regenerirte Gewebe von den Leukocyten abstamme — aber ich weiss nicht, wie man diese doch bestehende Möglichkeit ganz widerlegen will.“ In der von mir angegebenen

Operationsweise, bei der die Wundheilung primär zu Stande kommt und dadurch bedeutend beschleunigt wird, glaube ich gegenüber den Versuchen von FRIEDLÄNDER, der die Schnittwunde nicht vernähte, einen Vorzug erblicken zu dürfen, da ein Auftreten von Narbengewebe in grösserm Umfange dadurch vermieden wird. Die Thatsache aber, dass man neben dem Regenerationsgewebe auch Leukocyten findet, erklärt sich einfach auf die Weise, dass dieselben überall im Körper des Regenwurms vorhanden sind, wo das Blut circulirt. Verletzungen kleinerer Blutgefässe lassen sich aber bei den Operationen nicht vermeiden, und daher ist das Auftreten von Leukocyten in der Wunde nichts Absonderliches. Ausserdem muss man nicht vergessen, dass die Cölomflüssigkeit, die sogenannte Hämolymphe, selbst normaler Weise lymphoide Körperchen enthält. Wenn also diese Elemente die Regeneration des centralen Nervensystems bewerkstelligen würden, so brauchte das Regenerationsgewebe gar nicht von der Schnittwunde seinen Ursprung zu nehmen, sondern könnte ebenso gut in der Mittellinie ohne Betheiligung des Epithels gebildet werden.

In erfreulicher Uebereinstimmung befinde ich mich dagegen in meinen Ergebnissen mit Autoren, die an limicolen Oligochäten und an Polychäten gearbeitet haben. HAASE, HEPKE, v. WAGNER heben den ektodermalen Ursprung der Centralorgane der Anneliden bei der Regeneration in ihren Untersuchungen besonders hervor. v. WAGNER betont noch ausdrücklich, dass er eine Betheiligung des alten Bauchmarks an der Hervorbringung des neuen niemals habe beobachten können (p. 651). Und auch EUGEN SCHULTZ hat bei den Regenerationsvorgängen an Polychäten das Gleiche festgestellt.

Wenn wir nun die sämmtlichen bisher beschriebenen Versuche überblicken und die Gesichtspunkte berücksichtigen, von denen aus wir die Experimente unternommen haben, so sehen wir bei den Volvociden das bestätigt, was wir vermutheten. Die Scheidung in somatische und Keimzellen ist hier eine vollständig scharfe, und die erstern sind nicht im Stande, aus sich heraus das Ganze wieder hervorzubringen. Dort aber, wo zur Erhaltung der Art das längere Leben des Individuums erforderlich war und wo dieses von Feinden bedroht wurde, sehen wir eine treffliche Schutzeinrichtung in der Regenerationskraft auftreten. Und auch diese wiederum ist nicht gleichmässig innerhalb einer Thierclasse auf die Ordnungen vertheilt, sondern ist selbst in ein und derselben Ordnung verschieden stark ausgeprägt. Das ist aber auch natürlich, da die Thiere wegen ihrer verschiedenen Lebens-

weise Regeneration nicht in dem gleichen Maasse benöthigen. Es wird uns diese Differenz in der Regenerationskraft der Cladoceren und Copepoden erst verständlich, wenn wir die Biologie dieser Thiere in Betracht ziehen. Wenn die Regeneration als Anpassungserscheinung zu betrachten ist, so muss sie auch in directer Beziehung zu der Lebensweise der Thiere stehen. Bei Cladoceren und Copepoden ist die Einrichtung der Regeneration vorhanden, aber sie ist den Verhältnissen nach modulirt worden. Die Daphniden sind in ihren Bewegungen nicht sonderlich rasch und auch nicht besonders kräftig. Sie werden daher viel häufiger von Feinden bedroht und eine Verletzung davontragen als die Cyclopiden, die bedeutend gewandter sind und mit kräftigen Stössen durch das Wasser schiessen[1]. Dass bei beiden Familien äussere Verletzungen beobachtet wurden, hatte ich bei Beschreibung der Versuche erwähnt.

Dieselben Betrachtungen können wir aber auch bei den sich nahe stehenden Libelluliden und Ephemeriden in ihren Larvenzuständen anstellen. Der Unterschied in der Ausbildung der Regenerationskraft ist hier noch auffallender als bei jenen Entomostraken, aber auch er steht in directem Zusammenhang mit der Lebensweise der Thiere. Die *Agrion*-Larven sind erstens viel grösser als die Ephemeridenlarven und haben daher schon deshalb viel weniger Feinde. Aber sie verhalten sich auch ganz anders im Wasser. Man kann diese Thiere vollständig unbeweglich Stunden lang an einer Pflanze im Wasser sitzen sehen, auf Beute lauernd. Daher zieht eine *Agrion*-Larve die Aufmerksamkeit ihrer Feinde nicht so sehr auf sich wie die *Cloëon dipterum*-Larve. Diese muss schon, um athmen zu können, fast ununterbrochen mit ihren Tracheenkiemen auf und ab schlagen und fällt dadurch ihren Feinden viel mehr auf. Ausserdem wechselt sie häufiger ihren Standort, und dann ist sie auch noch um vieles kleiner als die verwandte Libellulidenlarve. Es ist deshalb auch ganz natürlich, dass sich die Regenerationskraft den Verhältnissen anpasste. Aehnliche Verletzungen, wie ich sie z. B. den Ephemeridenlarven beibrachte, werden diese sich auch in jedem Tümpel, wo sie entsprechende Feinde, z. B. Stichlinge, haben, erwerben. Als Beweis kann ich eine Beobachtung mittheilen, die wir täglich im Institut machen konnten, wo wir Stichlinge in Gefangenschaft betrachteten, denen Ephemeridenlarven

1) Als Feinde dieser Crustaceen berücksichtige ich in dem Fall kleinere Thiere und nicht Fische, die im Stande sind, grössere Massen dieser Cladoceren und Copepoden auf einmal zu vertilgen, sondern Ephemeridenlarven etc.

als Futter gegeben wurden. Gar bald konnte man bei diesen Thieren den Verlust von Schwanzfäden, Antennen oder Extremitäten bemerken, da die kleinen Fische oft vergebens nach ihrer Beute geschnappt und die Larven dabei nur eines Gliedes beraubt hatten.

Aehnliche Differenzen in der Regenerationskraft einer Thiergruppe haben wir nicht allein bei den Arthropoden, sondern auch innerhalb anderer Thierclassen. Nehmen wir z. B. die Vögel, von denen Kampfhähne, Störche und Papageien ihre Schnäbel gut regeneriren, da sie auch jeden Falls häufig Verletzungen daran erleiden, sei es, dass dies im Kampfe gegen einander geschieht (Kampfhähne, Störche), sei es, dass sie den Schnabel als Kletterorgan benutzen (Papageien). Von vielen andern Vögeln ist dagegen eine solche Regenerationskraft nicht bekannt; sollte sie bei dem einen oder andern noch constatirt werden, so wird man finden, dass auch sie in enger Beziehung steht mit den Lebensgewohnheiten des Thieres und mit der Verlusthäufigkeit des betreffenden Körpertheils. Ich hatte selbst Gelegenheit, eine Gans während eines Jahres zu beobachten, der der halbe Oberschnabel fehlte (höchst wahrscheinlich traumatischer Defect) und die keine Spur von Regeneration bot. Eine Verletzung des Schnabels bei diesen Thieren wird jeden Falls ein ausserordentlich seltnes Vorkommniss sein, und deshalb konnte das Regenerationsvermögen seine volle Kraft nicht entfalten. Es konnte aber auch ebenso gut verloren gegangen sein, je nachdem sich eine Thiergattung phylogenetisch entwickelt hat. Oder anders ausgedrückt: die Ersatzdeterminanten, welche ursprünglich im Nebenidioplasma der Zellen enthalten waren, hatten sich eben im Laufe der Phylogenese verändert oder rückgebildet.

Hiermit komme ich auf die Anlagen zu sprechen, von denen aus die Regeneration irgend eines Theiles eines Organismus vor sich gehen kann. Es ist natürlich schwierig, für die Existenz solcher Zellen mit Nebenidioplasma einen klaren Beweis zu erbringen. Und ich kann auch meine Versuche am Regenwurm nicht als beweiskräftig ansehen. So viel aber geht aus ihnen hervor, dass die Epithelzellen des Regenwurms noch von ihrer ontogenetischen Entwicklung her Determinanten enthalten müssen, die einen Ersatz des Oberschlundganglions und des Bauchmarks möglich machten. Meinen Ergebnissen nach müssen aber diese Ersatzdeterminanten sich nicht nur in derjenigen Epidermispartie befinden, die dem betreffenden Centralorgan am nächsten liegt, oder in bestimmten Streifen angeordnet sein, wie es Eugen Schultz für die Polychäten annimmt, sondern sie scheinen in Epithelzellen vorhanden zu sein, die in dem einen Fall in einem Theil der dorsalen Epidermis

und in dem andern Fall auf eine gewisse Ausdehnung hin ventral zu liegen kommen. Die Veranlassung dazu, dass die Ersatzdeterminanten in Kraft treten können, bildet der Eingriff an sich, der den Reiz dazu abgiebt. Es ist leicht erklärlich, dass die Auswanderung der Zellen durch die Schnittwunde hindurch stattfindet, denn auch selbst nach der primären Verheilung wird sie den locus minoris resistentiae bilden gegenüber der unverletzten Musculatur, die einer Durchbrechung durch die Regenerationszellen einen natürlichen Damm entgegensetzt.

Solche Anlagen für die Regeneration eines Theils werden aber nur bei denjenigen Thieren vorhanden sein, wo häufiger Verlust droht und wo der betreffende Theil für das Thier selbst wichtig ist. Es wird aber auch fast immer, abgesehen von den Erscheinungen, die auf Atavismus beruhen, die Stärke der Regenerationskraft im Einklang stehen mit den Lebensbedingungen eines Thieres. Die Regeneration ist durch natürliche Auslese entstanden, durch sie aber auch je nach den Verhältnissen modificirt worden.

Freiburg i. Br., im Mai 1901.

Literaturverzeichniss.

1) Barfurth, Regeneration, in: Ergebn. Anat. Entw., V. 1—9, 1890—1899.
2) Bütschli, Protozoa, in: Bronn, Class. Ordn. Thierreich, V. 1.
3) Cohn, Ferdinand, Die Entwicklungsgeschichte der Gattung Volvox, in: Festschr. Göppert, Breslau 1875.
4) Delage, Yves, La structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité, Paris 1895, p. 93.
5) Friedländer, B., Beiträge zur Physiologie des Centralnervensystems und des Bewegungsmechanismus der Regenwürmer, in: Arch. ges. Physiol., V. 58, 1894, p. 168 ff.
6) —, Ueber die Regeneration herausgeschnittener Theile des Centralnervensystems von Regenwürmern, in: Z. wiss. Zool., V. 60, 1895, p. 249 ff.
7) Gruber, A., Ueber künstliche Theilung bei Infusorien, in: Biolog. Ctrbl., V. 4, No. 23.
8) —, Ueber künstliche Theilung bei Infusorien, 2. Mitth., ibid. V. 5, No. 5.
9) Haase, H., Ueber Regenerationsvorgänge bei Tubifex rivulorum, mit besonderer Berücksichtigung des Darmcanals und des Nervensystems, in: Z. wiss. Zool., V. 65, 1898, p. 211—256.
10) Häcker, V., Ueber die spätere Entwicklung der Polynoë-Larve, in: Zool. Jahrb., V. 8, Syst., 1895, V. 8, 1895, tab. 16, fig. 25.
11) —, Zellen- und Befruchtungslehre, Jena 1899.
12) Hepke, P., Ueber histo- und organogenetische Vorgänge bei den Regenerationsprocessen der Naiden, in: Z. wiss. Zool., V. 63, p. 263—291.
13) Hertwig, O., Die Zelle und die Gewebe, Jena 1898.
14) Hescheler, K., Ueber Regenerationsvorgänge bei Lumbriciden. Histo- und organogenetische Untersuchungen, in: Jena. Z. Naturw., V. 31, p. 521—604.
15) Jurine, L., Histoire des Monocles, Génève—Paris, 1820, p. 39—41.
16) Klein, Ludwig, Vergleichende Untersuchungen über Morphologie und Biologie in der Fortpflanzung bei der Gattung Volvox, in: Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., V. 5, 1891.
17) Korschelt, E., Ueber das Regenerationsvermögen der Regenwürmer, in: SB. Ges. ges. Naturw. Marburg, 1897, p. 72 ff.

18) Kükenthal, W., Ueber die lymphoiden Zellen der Anneliden, in: Jena. Z. Naturw., V. 18, 1885, p. 319—364.

19) Lang, Arnold, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbellosen, 2. Aufl., 1901, Lief. 2, Protozoa, p. 246.

20) Meyer, Arthur, Plasmaverbindungen und die Membranen von Volvox globator, aureus und tertius, mit Rücksicht auf die thierischen Zellen, in: Bot. Zeitg., V. 54, 1896, p. 188.

21) Morgan, T. H., Regeneration in Allolobophora foetida, in: Arch. Entw.-Mech., V. 5, Heft 3.

22) —, Some problems of regeneration, in: Biol. Lect. marine biol. Labor. Woods Holl, 1898, Boston 1899.

23) Przibram, Regeneration bei den niedern Crustaceen (vorl. Mitth.), in: Zool. Anz., V. 19, 1896.

24) —, Regeneration bei den Crustaceen, in: Arb. zool. Inst. Wien, V. 11, 1899.

25) Schmeil, Otto, Deutschlands freilebende Süsswasser-Copepoden, Theil 1, Cyclopidae, Kassel 1892.

26) Schultz, Eugen, Aus dem Gebiet der Regeneration, in: Z. wiss. Zool., V. 66, p. 605.

27) Spencer, H., Die Principien der Biologie. Uebersetzt von Vetter, V. 1, 1876, p. 194.

28) v. Wagner, F., Beiträge zur Kenntniss der Reparationsvorgänge bei Lumbriculus variegatus, Theil 1, in: Zool. Jahrb., V. 13, Anat., Heft 4, 1900, p. 603.

29) Weismann, A., Aufsätze über Vererbung, Jena 1892.

30) —, Das Keimplasma, eine Theorie der Vererbung, Jena 1892.

31) —, Thatsachen und Auslegungen in Bezug auf Regeneration, in: Anat. Anz., V. 15, 1899.

Erklärung der Abbildungen.

Abkürzungen.

A After
Bg Bauchmark
Co Coxa
D Darm
Ep Epidermis
Fe Femur
GA Gehirnanlagen
Gz junge Ganglienzellen
LM Längsmusculatur
Mit Mitosen
NF Nervenfasermasse
otk obere Tracheenkieme
RM Ringmusculatur
Rg Regenerationsgewebe
SW Schnittwunde
Tch Trochanter
Ti Tibia
Tr Tarsus
utk untere Tracheenkieme

Tafel 28.

Fig. 1. Hintertheil einer *Agrion*-Larve mit regenerirter Tracheenkieme rechts; dorsale Ansicht.

Fig. 2. Anomale Regeneration des mittlern Beines einer Ephemeridenlarve (*Cloëon dipterum*).

Fig. 3. Regeneration des letzten Segments bei einer Ephememeridenlarve.

Fig. 4. Dorsale Ansicht des 3.—7. Abdominalsegments einer Ephemeridenlarve, bei der die Tracheenkieme der betreffenden Segmente rechts entfernt wurden. 1. Häutung, Einfluss der Operation auf die linke Seite zeigend.

Fig. 5. Dieselbe Ephemeridenlarve nach der 2. Häutung.

Fig. 6. Dieselbe Ephemeridenlarve nach der 3. Häutung.

Tafel 29.

Fig. 7. Regeneration des Oberschlundganglions bei *Lumbricus terrestris* von der Schnittwunde her. 7 Tage alt. Erste Anlagen. 35 : 1.

Fig. 8. Regeneration des Oberschlundganglions. 7 Tage alt. Regenerationsgewebe. $^1/_{12}$ Immers. Seibert. 500 : 1.

Fig. 9. In Theilung befindliches Epithel bei einem Regenwurm mit Regeneration des Oberschlundganglions. 800 : 1.

Fig. 10. Regeneration des Oberschlundganglions bei einem 7 Tage alten Präparat; junge Ganglienzellen und Nervenfasermassen. $^1/_{12}$ Immers. Seibert. 500 : 1.

Fig. 11. Regeneration des Bauchmarks bei *Lumbricus terrestris* von der Schnittwunde her, die in diesem Fall mit der ventralen Borstenreihe zusammenfällt. 15 Tage alt. 60 : 1.